

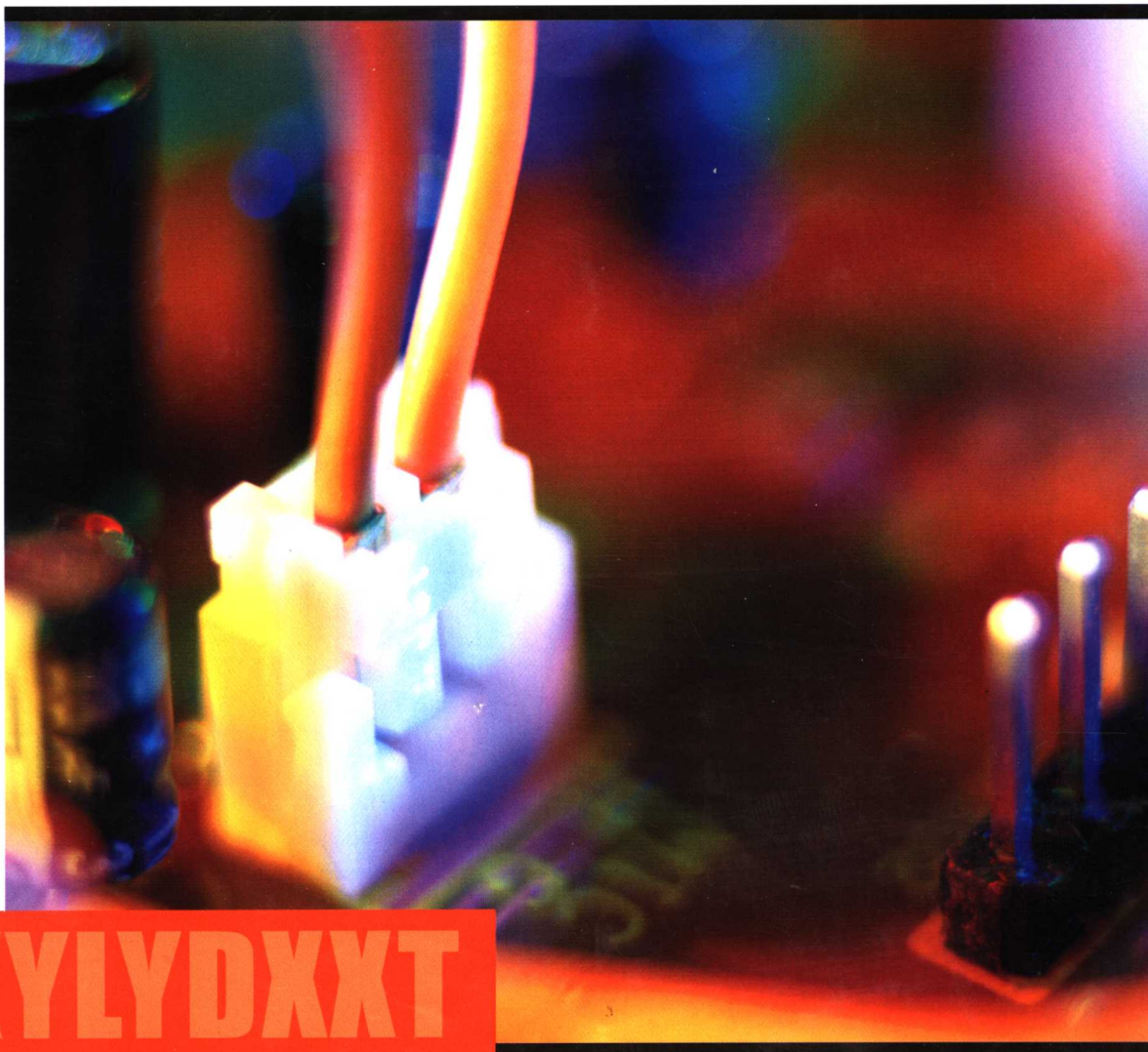


全国高职高专数控专业(机电专业)教学通用教材

数控原理与典型系统

SHUKONG YUANLI YU DIANXING XITONG

主编 何全民 主审 杨琳 王平嶂



SKYLYDXXT



山东科学技术出版社
www.lkj.com.cn

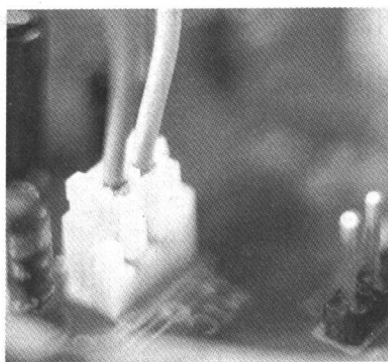


全国高职高专数控专业(机电专业)教学通用教材

数控原理与典型系统

SHUKONG YUANLI YU DIANXING XITONG

主编 何全民 主审 杨琳 王平嶂



山东科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控原理与典型系统 /何全民编著. —济南:山东科学技术出版社, 2005

全国高职高专数控专业(机电专业)教学通用教材

ISBN 7-5331-4157-1

I. 数... II. ①何... ②杨... ③王... III. 数控原理与典型系统—高等学校:技术学校—教材

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 053004 号

全国高职高专数控专业(机电专业)教学通用教材

数控原理与典型系统

主编 何全民

主审 杨琳 王本璋

出版者:山东科学技术出版社

地址:济南市玉函路 16 号

邮编:250002 电话:(0531)82098088

网址:www.lkj.com.cn

电子邮件:sdkj@sdpress.com.cn

发行者:山东科学技术出版社

地址:济南市玉函路 16 号

邮编:250002 电话:(0531)82098071

印刷者:济南丰利彩印有限公司

地址:济南市天桥区北园路 292 号

邮编:250013 电话:(0531)86799897

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:14

版次:2005 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 7-5331-4157-1

TG · 25

定价:23.00 元

主 编 何全民

副主编 高小林 张增国 张学杰 刘延刚

陈兴奎 王叶青 迟京瑞 白雪峰

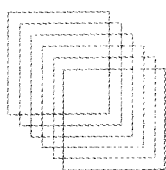
编 者 (按章节排列为序)

尚金丽 刘德成 张秀玲 韩桂芬 李秉玉

刘海峰 赵明磊 高淑娟 马宏杰 刘晓梅

张金德 周文彬 李 文 孙召瑞

主 审 杨 琳 王平嶂



出版说明

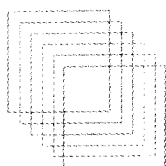
为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》和《面向 21 世纪教育振兴行动计划》，研究高职高专教育跨世纪发展战略和改革措施，整体推进高职高专教学改革，教育部决定组织实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》(以下简称《计划》)。《计划》的目标是“经过 5 年的努力，初步形成适应社会主义现代化建设需要的具有中国特色的高职高专教育人才培养模式和教学内容体系。”《计划》的研究重点是人才培养模式的改革和教学内容体系的改革，先导是教育思想的改革和教育观念的转变。此外，教育部高等教育司颁发了《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》，提出了“力争经过 5 年的努力，编写、出版 500 种左右高职高专教育规划教材”的目标。

根据这一精神，有关院校和出版社积极组织编写和出版了一批“教育部高职高专规划教材”。这些高职高专规划教材是依据教育部组织制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》(草案)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(草案)编写的。

教育部确定了普通高等教育国家级教材规划选题，将高职高专教育规划教材纳入其中。国家级规划教材的建设以“实施精品战略，抓好重点规划”为指导方针，处理好教材的统一性与多样性、基本教材与辅助教材、文字教材与软件教材的关系，在此基础上形成了特色鲜明、一纲多种、优化配套的高职高专教育教材体系。该套教材就是在这种情况下组织编写出版的。

该套教材的特点：在知识方面具有先进性、广泛性和实用性，尽量做到理论与实践的零距离；在应用上具有可操作性；在内容上具有正确性。

该套教材适用于高等职业院校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、技术(技师)学院、高级技工学校、继续教育学院和民办高校数控专业和机电专业的师生使用，亦可以作为其他专业及本科师生用书，还可以作为工厂中数控机床操作与维修人员的参考书。



前言

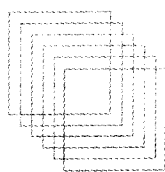
随着科学技术的迅速发展,数控技术的应用范围日益广泛,数控机床及其系统已成为现代制造业不可缺少的重要组成部分。在我国,数控设备的用量正以前所未有的速度迅速增长,为培养相应的技术人才,各高等职业院校数控专业的设立也越来越多,为适应培养数控人才及发展职业技术教育的需要,我们编写了这本教材。

本书由何全民主编,杨琳、王平嶂主审。第一章由尚金丽编写,第二章由刘德成、张秀玲、韩桂芬编写,第三章由李秉玉、刘海峰、赵明磊编写,第四章由高小林编写(其中的第四节由高淑娟编写),第五章由马宏杰编写(其中的第一节由刘晓梅编写),第六章由何全民编写(其中的第四节由张金德编写),第七章由周文彬、李文编写,第八章由孙召瑞编写。全书由何全民统稿。

本书可作为高等职业院校、高职高专数控专业的教材,也可供从事数控技术应用的工程技术人员参考。节前标有*者为选修内容。

由于编写时间仓促,编者水平有限,书中难免有不少缺点和错误之处,恳请各位同仁、各位读者给予批评指正。

编者



目 录

第一章 概述	1
第一节 数控技术的应用	1
第二节 数控系统的组成	3
第三节 加工程序预处理	7
思考与练习题	11
第二章 数控系统的控制原理	12
第一节 概述	12
第二节 逐点比较插补法	13
第三节 数字积分插补法	21
第四节 数据采样插补法	27
第五节 进给速度和加减速控制	32
第六节 刀具补偿原理	37
第七节 其他补偿	44
思考与练习题	45
第三章 数控系统的硬件	47
第一节 数控系统的硬件构成	47
第二节 数控装置的体系结构	49
第三节 输入/输出接口	54
第四节 数控系统的通讯	56
第五节 典型数控系统的硬件介绍	64
思考与练习题	67
第四章 数控系统的软件	68
第一节 数控系统的软硬件界面	68
第二节 数控系统的软件结构	69
第三节 数控系统的软件技术	83
第四节 典型数控系统的软件介绍	91
思考与练习题	96

第五章 可编程序控制器在数控机床上的应用	97
第一节 可编程控制器的结构和工作原理	97
第二节 数控机床用典型 PLC 指令介绍	103
第三节 PLC 在数控机床上的应用实例	110
思考与练习题	116
第六章 数控机床的伺服驱动	117
第一节 概述	117
第二节 进给驱动	121
第三节 主轴驱动	145
第四节 典型数控系统用驱动系统介绍	151
思考与练习题	156
第七章 数控机床的检测装置	157
第一节 概述	157
第二节 光电脉冲编码器	159
第三节 光栅	162
第四节 感应同步器	165
第五节 其他检测元件	171
思考与练习题	173
第八章 开放式数控系统简介	174
第一节 概述	174
* 第二节 SERCOS 接口的特性和能力	178
* 第三节 SERCOS 接口技术	184
* 第四节 SERCOS 接口的软件驱动	193
第五节 典型开放式数控系统简介	205
思考与练习题	213
参考文献	214

第一章 概 述

第一节 数控技术的应用

一、数控技术的基本概念

1. 数字控制(Numerical Control, 缩写为 NC) 数字控制是 20 世纪 50 年代发展起来的一种自动控制技术,是用数字化信号对机床的运动及加工过程进行控制的一种方法,简称数控(NC)。在数控技术中引进计算机技术,称为 CNC(Computer Numerical Control)。CNC 具有柔性好、功能强、可靠性高、经济性好以及易于实现机电一体化等优点,使数控技术在质的方面完成了一次飞跃。

2. 数控机床 采用数控技术控制的机床称为数控机床(Numerically Controlled Machine Tool)或“NC 机床”。国际信息处理联盟(IFIP-International Federation of Processing)第五技术委员会对数控机床的定义是:数控机床是一个装有程序控制系统的机床,该系统能够逻辑地处理具有使用号码或其他符号编码指令规定的程序。

数控机床是制造系统最基本的加工单元。随着微电子技术、计算机技术、自动控制和精密测量技术的不断发展和迅速应用,数控机床也早已从研制走向实用,并不断更新换代。

3. 数控系统 数控系统(Numerical Control System)是一种控制系统,在接收到输入指令后,能自动完成信息的译码和运算,从而控制机床的运动和加工过程。一般包括数控装置、可编程序控制器(PLC)、各类输入/输出接口、显示器以及操作键盘等。

4. 数控加工 数控加工是指在数控机床上加工零部件的一种工艺方法,数控加工技术除了用于机械加工外,还用于电加工、激光加工、火焰加工、绘印加工及编织加工等工艺。

二、数控技术的发展趋势

目前,数控技术的典型应用是 FMC/FMS/CIMS,其趋势是向高速化、高精度化、高效加工、多功能化、复合化和智能化方向发展。其主要发展方向是研制开放式全功能通用数控系统。

1. 数控系统

(1)向高速度、高精度方向发展:随着数控机床向高速度、高精度方向发展的需要,数



控装置要求能高速处理输入的指令数据,并计算出伺服机构的位移量,伺服电机应能做出高速反应。目前高速主轴单元(电主轴)转速已达 $15\,000\sim 100\,000\text{r/min}$ 以上;进给运动部件不但要求有较高的速度,而且应具有较高的加减速功能,其快速移动速度达 $60\sim 120\text{m/min}$ 以上,工作进给速度已高达 60m/min 以上。微处理器芯片的迅速发展,为数控系统采用高速处理技术提供了保障。CPU 已由 20 世纪 80 年代的 16 位发展为现今的 32 位以及 64 位 CPU 的数控系统,现已有精简指令集(RISC)芯片的数控系统。CPU 的频率由原来的 5MHz、10MHz,提高到几百兆赫、上千兆赫,甚至更高,进一步提高了系统的运算速度。由于运算速度的极大提高,当分辨率为 $0.1\mu\text{m}$ 、 $0.01\mu\text{m}$ 时,仍能获得很高的进给速度和快速进给速度($100\sim 240\text{m/min}$)。

(2)向开放式数控系统的发展:为解决传统的数控系统封闭性和数控应用软件的产业化生产存在的问题,目前许多国家正在对开放式数控系统进行研究,如美国的 NGC(The Next Generation Work-Station/Machine Control)、欧共体的 OSACA(Open System Architecture for Control within Automation Systems)、日本的 OSEC(Open System Environment for Controller)、中国的 ONC(Open Numerical Control System)等。数控系统开放化已经成为数控系统的未来之路。近年来,我国相继开发出华中 I 型、航天 I 型、中华 I 型、蓝天 I 型等数控系统。华中 I 型以通用工业微机为硬件平台,模块化的开放式体系结构达到了国际先进水平,获得了国家科技进步二等奖、国家教委科技进步一等奖,是目前获得国家奖级最高的国产数控系统。开放式数控系统软、硬件平台,已在 DOS、Linux 操作系统平台开发成功,现有车床、铣床、加工中心、仿形、轧辊磨、滚刀磨、拉刀磨、工具磨、凸轮轴磨床、非圆齿扇插齿机、齿条插齿机、弧齿锥齿轮铣齿机、镗床、激光加工、玻璃机械、纺织机械、医疗机械等 30 多个数控系统应用品种可供用户选用。

(3)向智能化、网络化方向发展:系统除配置 RS232C 串行接口、RS422 等接口外,还有 DNC(Direct Numerical Control——直接数控,也称群控)接口。为适应网络技术的需要,许多数控系统还带有与工业局域网络(LAN)通讯的功能,而且近年来不少数控系统还带有 MAP(Manufacturing Automation Protocol——制造自动化协议)等高级工业控制网络接口,以实现不同厂家和不同类型机床联网的需要。其他先进技术如下:

1)自适应控制(Adaptive Control)技术的应用:数控系统可检测加工过程中的一些重要信息,并自动调整系统的有关参数,使加工在最优状态下运行。

2)引入专家系统指导加工:将熟练工人和专家的经验、加工的一般规律与特殊规律存入系统中,以工艺参数数据库为支撑,建立具有人工智能的专家系统。当前已开发出模糊逻辑控制和带自学习功能的人工神经网络的数控系统和其他数控加工系统。

3)故障专家诊断系统的应用。

4)智能化伺服驱动装置:可以通过自动识别负载而自动调整参数,使驱动系统获得最佳的运行状态。

(4)具有很好的操作性能:系统具有“友好”的人机界面,普遍采用薄膜软按钮的操作界面,减少了指示灯和按钮数量。大量采用菜单选择操作方式,使操作越来越方便。CRT 显示技术大大提高,彩色图像显示已很普遍,不仅能显示字符、平面图形,还能显示三维图形,甚至显示三维动态图形。

(5)数控系统的可靠性大大提高:大量采用高集成度的芯片、专用芯片及混合式集成

电路,提高了硬件质量,减少了元器件数量,降低了功耗,提高了可靠性。新型大规模集成电路采用表面贴装技术,实现了三维高密度安装工艺。元器件经过严格筛选、建立由设计、试制到生产的一整套质量保证体系,使数控系统的平均无故障时间达到 10 000~36 000h。

2. 伺服系统 伺服驱动技术是数控技术的重要组成部分,与数控装置相配合,伺服系统的静态和动态特性直接影响机床的位移速度、定位精度和加工精度。现在,直流伺服系统已被交流伺服数字系统所取代;伺服电机的位置、速度及电流环都实现了数字化控制,并采用了不受机械负荷变动影响的高速响应系统。其主要新技术如下:

(1)前馈控制技术:所谓前馈控制,就是在原来的控制系统上加上速度指令的控制方式,可使伺服系统的跟踪滞后误差大大减少。

(2)机械静摩擦的非线性控制技术:对于一些具有较大静摩擦的数控机床,新型数字伺服系统具有补偿机床驱动静摩擦的非线性控制功能。

(3)伺服系统的位置环和速度环(包括电流环)均采用软件控制:如数字调解和矢量控制等,为适应不同类型的机床、不同精度和速度的要求,预先调整加减速性能。

(4)采用高分辨率的位置检测装置:如高分辨率的脉冲编码器,内由微处理器组成的细分电路,使分辨率大大提高,增量位置检测为 10 000p/r(脉冲数/转)以上,绝对位置检测为 1 000 000p/r 以上。

(5)补偿技术:现代数控系统都具有补偿功能,可以对伺服系统进行多种补偿,如丝杠螺距误差补偿、齿侧间隙补偿、轴向运动误差补偿、空间误差补偿和热变形补偿等。

3. 机械结构 为了适应数控技术的发展,机械结构也发生了很大的变化。为了缩小体积,减小占地面积,大多采用机电一体化结构。为了提高自动化程度,大量采用自动交换刀具、自动交换工作台、主轴立卧自动转换、工作台立卧自动转换、主轴带 C 轴控制、万能回转铣头,以及数控夹盘、数控回转工作台、动力刀架和数控夹具等结构。为了提高数控机床的动态特性,伺服系统和机床主机有很好的机电匹配。同时,主机也借助计算机进行模块化、优化设计。

第二节 数控系统的组成

一、数控系统组成简介

数控系统是数控机床的核心部分,主要由数控装置(CNC 装置)、驱动控制装置(主轴驱动装置和进给伺服驱动装置)、可编程序控制器(PLC)、各类输入/输出接口、显示器以及操作键盘等组成。机床的各个执行部件在数控系统的统一控制下,按给定的指令完成零件的加工。

1. 数控装置 数控装置是数控系统的核心,由硬件和软件两大部分组成。硬件包括 I/O 接口、CPU、键盘、CRT、存储器以及数据通信接口等。软件包括管理软件和控制软件,管理软件主要包括输入输出、显示和诊断等功能,控制软件包括译码、刀具补偿、速度

控制、插补运算、位置控制等功能。硬件和软件各有不同的特点,软件设计灵活,适应性强,但处理速度慢;硬件处理速度快,但成本高。因此,在数控装置中,数控功能的实现可依据其控制特性来合理确定软硬件的比例,使数控系统的性能和可靠性大大提高。数控装置主要具有以下功能:

(1)基本功能:

1)控制功能:控制功能主要反映数控装置实现多坐标轴的联动控制。控制轴有移动轴和回转轴、基本轴和附加轴之分。控制轴数越多,特别是联动轴数越多,数控装置就越复杂,编程也越困难。

2)插补功能:插补功能是指数控装置可以实现各种曲线轨迹插补运算的功能(如直线插补、圆弧插补和其他二次曲线与多坐标插补)。插补运算要求实时性很强,即计算速度要同时满足机床坐标轴对进给速度和分辨率的要求。随着微处理机的位数和频率的不断提高,大部分数控系统采用了软件插补方式,并把插补功能划分为粗、精插补两步,以满足其实时性要求。

3)程序的多种输入功能:加工程序可由人机对话、手动数据输入、由上级计算机及其他计算机输入设备传输、磁盘传输等多种方式,并具有编辑和修改功能。

4)信息转换功能:可进行 EIA/ISO 代码转换、英制/公制转换、坐标转换、绝对值/增量值转换以及计数制转换。

5)自诊断功能:数控装置具有各种诊断程序,可以自行诊断故障。故障出现后能迅速查明故障的类型和部位,便于及时排除故障,减少因故障停机时间。

(2)选择功能:

1)补偿功能:数控装置备有多种补偿功能,如刀具半径补偿、刀具长度补偿、传动间隙补偿和螺距误差补偿等,可以对加工过程中由于刀具磨损或更换,以及机械传动的丝杠螺距误差和反向间隙引起的加工误差予以补偿。

2)多种加工方法选择:可以实现多种加工循环、重复加工、凹凸模加工和镜像加工等。

3)图形显示功能:图形显示功能一般需要高分辨率的 CRT 显示器,可以显示人机对话编程菜单、字符、轨迹、平面图形和动态三维图形。

4)通信功能:数控装置与外界进行信息和数据交换的功能。通常数控装置都有 RS232C 接口,可与上级计算机进行通信,传送零件加工程序。有的还备有 DNC 接口,以利于实现直接数控。更高档次的数控装置还能制造自动化协议(Manufacturing Automation Protocol,缩写为 MAP)相连,进入工厂通信网络,以适应 FMS、CIMS 的要求。

2. 输入输出设备 主要用于零件程序的编制、存储、打印和显示等,一般的输入输出设备都有人机对话编程键盘和 CRT,目前很多输入输出设备还包括自动编程机和 CAD/CAM 系统。

3. 可编程序控制器(PLC) 可编程序控制器位于数控装置和机床之间,实现对数控机床辅助功能、主轴转速功能和刀具功能的控制。用 PLC 程序代替以往的继电器线路,实现 M、S、T 功能的控制和译码,即按照预先规定的逻辑顺序对诸如主轴的启停、转向和转速,刀具的更换,工件的夹紧、松开,液压、气动、冷却以及润滑系统的运行等进行控制,简化了程序。

二、数控系统的分类

数控系统的品种规格繁多,虽然各自的控制对象可能各不相同,但其控制原理基本相同。按照数控系统的基本原理可分为以下几类。

1. 按运动轨迹分类 按照运动轨迹,数控系统可分为点位、直线和轮廓控制系统。

(1) 点位控制系统: 点位(PTP)控制系统只控制机床运动部件从一点准确地移动到另一点,在移动过程中不进行加工,对运动部件的移动速度和运动轨迹没有严格要求。为了精确定位和提高生产率,系统首先高速运行,接近目标点时,采用分级或连续降速,低速趋近目标点以减少运动部件的惯性过冲和因此而引起的定位误差。点位控制系统常用于数控钻床、数控镗床、数控冲床和数控测量仪等机床中,如图 1-1 所示。

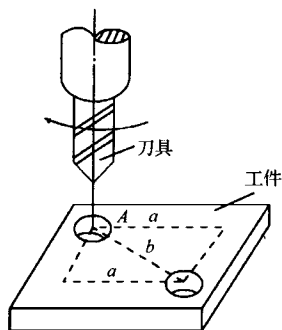


图 1-1 点位控制系统

(2) 直线控制系统: 这类数控系统不仅要控制机床运动部件从一点准确地移动到另一点,还要控制两相关点之间的移动速度和轨迹。由于在移动过程中进行切削加工,所以对于不同的刀具和工件,需要选用不同的切削用量。一般情况下,这些数控机床有两个到三个可控制的轴,但同时控制轴只有一个。为了能在刀具磨损或更换刀具后,仍可以加工出合格的零件,这类机床的数控系统常常要求具有刀具半径和刀具长度补偿功能,以及主轴转速的控制功能等。在移动的过程中,刀具只能以指定的速度切削,其运动轨迹平行于机床坐标轴,一般只能加工矩形、台阶形零件,如图 1-2 所示。采用这类系统的机床有数控车床、数控铣床等。

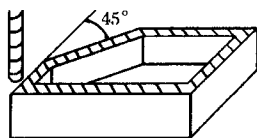


图 1-2 直线控制系统

(3) 轮廓控制系统: 轮廓控制系统也称为连续控制系统。这类数控系统能够对两个以上机床坐标轴的移动速度和运动轨迹同时进行连续相关的控制。这类控制系统要求数控装置具有插补运算功能,并根据插补结果向各坐标轴控制器发送脉冲,从而控制各坐标轴联动,实现连续控制。该类机床在加工过程中,时刻对各坐标的位移和速度进行严格的不间断的控制,可以加工斜线、曲线及曲面等复杂型面,如图 1-3 所示。采用这类系统的机床有数控车床、数控铣床、数控线切割机床、加工中心等。

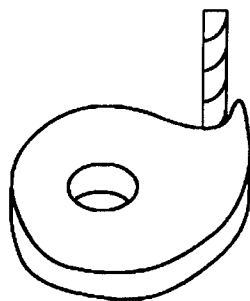


图 1-3 轮廓控制系统

2. 按伺服系统的类型分类 按照伺服系统的控制方式,数控系统可分为开环、闭环和半闭环控制系统。

(1) 开环控制数控系统: 这类数控系统没有位置检测反馈装置,也无反馈电路,以步进电机为驱动元件。

(2) 闭环、半闭环控制系统: 这类数控系统带有位置检测反馈装置,以直流或交流伺服电动机为驱动元件。

3. 按制造方式分类

(1)通用型数控系统:这类数控系统通常以 PC 机作为数控装置的支撑平台,各数控机床制造厂家根据用户要求,有针对性地研制、开发数控软件和控制卡等,构成相应的数控装置,其通用性强,使用灵活,便于升级且抗干扰能力强。如华中 I、II 型数控系统。

(2)专用型数控系统:这类数控系统技术成熟,它是由各制造厂家专门研制、开发制造的。此类数控系统专用性强,结构合理,硬件通用性差,但其控制功能齐全,稳定性好,如德国的 SIEMENS 系统、日本的 FANUC 系统等。

4. 按数控系统功能水平分类 按照数控系统的功能水平,数控系统可以分为经济型(低档型)、普及型(中档型)和高档型数控系统三种。这种分类方法没有明确的定义和确切的分类界线,且不同时期、不同国家的分类含义也不同。下面所介绍的标准仅供参考。

(1)经济型(简易型)数控系统:这一档次的数控机床通常仅能满足一般精度要求的加工,能加工形状较简单的直线、斜线、圆弧及带螺纹类的零件,采用的微机系统为单板机或单片机系统,具有数码显示、CRT 字符显示功能。机床进给步进电动机开环驱动,控制的轴数和联动轴数在 3 轴或 3 轴以下,进给分辨率为 0.01mm,快速进给速度可达 10m/min。这类机床结构一般比较简单,精度中等,价格也比较低廉,一般不具有通信功能。如经济型数控线切割数控机床、数控钻床、数控车床、数控铣床及数控磨床等。

(2)普及型数控系统及全功能数控系统:这类数控系统除了具有一般数控系统的功能以外,还具有一定的图形显示功能及面向用户的宏程序功能等,采用 16 位或 32 位的微处理器,具有 RS232C 或 DNC 通信接口。机床的进给多用交流或直流伺服驱动,一般系统能实现 4 轴或 4 轴以下联动控制,其分辨率为 0.001mm,进给速度为 10~20m/min。其输入输出控制一般由可编程序控制器来完成,从而提高了系统的可靠性和控制的灵活性。这类数控机床的品种极多,几乎覆盖了各种机床类型,且价格适中。目前它趋向于简单、实用、不追求过多的功能,从而使机床的价格适当降低。

(3)高档型数控系统:该系统采用 32 位以上微处理器系统,机床的进给大多采用交流伺服驱动,除了具有一般数控系统的功能外,应该至少能实现 5 轴或 5 轴以上的联动控制。随着技术水平的不断提高,数控系统的分辨率及进给速度均在不断升级。还具有三维动画图形功能和宜人的图形用户界面,同时还具有丰富的刀具管理功能、宽调速主轴系统、多功能智能化监控系统和面向用户的宏程序功能,还有很强的智能诊断和智能工艺数据库,能实现加工条件的自动设定,且能实现计算机的联网和通信。此类系统功能齐全,价格昂贵,如 5 轴以上的数控铣床、大重型数控机床、五面加工中心、车削中心和柔性加工单元等。

三、数控系统的主要工作过程

数控系统的主要任务是进行刀具和工件之间相对运动的控制,数控装置的工作过程是在硬件的支持下执行软件的过程。下面从输入、译码处理、插补运算和位置控制、I/O 处理、显示和诊断 7 个环节说明数控系统的工作过程。

1. 输入 零件程序、控制参数和补偿数据需要输入到数控装置中,常用的输入方式由穿孔纸带阅读输入(早期)、磁盘或光盘输入、手动键盘输入、通讯接口输入以及连接上一级计算机的 DNC 接口输入。

2. 译码处理 在输入的零件加工程序中,含有零件的轮廓信息(线型、起点、终点坐标

值)、加工速度(F 代码)和其他辅助信息(M、S、T 代码等)。数控装置按一个程序段为单位,根据一定的语法规则解释、翻译成计算机能识别的数据形式,并以一定的数据格式存放在指定的内存专用区内。在译码过程中还要完成对程序的语法检查等工作,一旦发现错误,立即报警显示出来。

3. 数据处理 数据处理程序包括刀具半径补偿、速度计算及辅助功能的处理等。由于在编写数控加工程序时,一般不考虑刀具的实际几何数据,所以数控装置根据工件几何数据在加工前输入的实际刀具参数,要进行相应的刀具补偿计算,简称刀补计算。速度计算是将编程所给的刀具移动速度进行计算处理,转化为沿机床各坐标轴运动的分速度,控制机床切削加工。辅助功能如换刀、主轴启停、冷却液开关等大都是开关量信号,这里的主要工作是识别、存储、设标志,在程序执行时发出信号,让机床相应部件执行这些动作。

4. 插补运算与位置控制 插补运算和位置控制是数控系统的实时控制,一般在相应的中断服务程序中进行。插补程序在每个插补周期运行一次,它根据指令进给速度计算出一个微小的直线数据段。通常经过若干个插补周期加工完一个程序段,即从数据段的起点走到终点。数控装置一边插补,一边加工。

位置控制的主要任务是在每个采样周期内,将插补计算的理论位置与实际反馈位置相比较,根据其差值去控制进给电动机,进而控制机床工作台(或刀具)的位移,加工出合格的零件。在位置控制中还要完成位置回路的增益调整、各坐标方向的螺距误差补偿和反向间隙补偿,以提高机床的定位精度。

5. 输入/输出(I/O)处理 输入/输出处理主要是处理数控装置和机床之间的来往信号的输入、输出和控制。

6. 显示 数控装置显示主要是为操作者提供方便,通常有零件程序显示、参数显示、刀具位置显示、机床状态显示等。高档的数控装置中还有刀具加工轨迹的静、动态模拟图形显示、在线编程时的图形显示及报警显示等。

7. 诊断 数控装置利用内部自诊断程序可以进行故障诊断,主要有启动诊断和在线诊断。

启动诊断是指数控装置每次从通电开始到进入正常的运行准备状态中,系统相应的内诊断程序通过扫描自动检查系统硬件、软件及有关外设等是否都正常。只有当检查到的各个项目都确认无误之后,整个系统才能进入正常运行的准备状态。否则,数控装置将通过 CRT 或用硬件报警方式显示故障的信息。此时,启动诊断过程不结束,系统不能投入运行。

在线诊断是指在系统处于正常运行状态中,由系统相应的内装诊断程序,通过定时中断扫描检查数控装置本身及其外设。只要系统不停电,在线诊断就持续进行。

第三节 加工程序预处理

用户输入的零件加工程序必须先由加工程序预处理程序模块进行预处理,得出插补程序(包括进给驱动)所需要的数据信息和控制信息。所以说,加工程序预处理程序又称为插补准备程序。数据处理主要包括译码、刀具补偿计算、辅助信息处理和进给速度计算

等。译码程序的功能主要是将用户程序翻译成便于数控系统的计算机处理的格式,其中包括数据信息和控制信息。刀具补偿是由工件轮廓和刀具参数计算出刀具中心轨迹。进给速度计算主要解决刀具运动速度问题。

一、数控加工程序的输入

工件在数控机床上的加工过程由数控加工程序来描述。输入数控装置的有零件程序、控制参数、补偿数据等。数控装置在输入过程还要完成校验和代码转换等工作,输入的全部信息存放在数控装置的内部存储器中。

二、数控加工程序的译码和诊断

译码就是从数控加工程序缓冲器或 MDI 缓冲器中逐个读入字符,先识别出其中的文字码和数字码,然后根据文字码所代表的功能,将后续数字码送到相应译码结果缓冲器单元中。可见,译码工作主要包括代码识别和功能代码的解释两大部分。

译码处理程序将零件程序以程序段为单位进行处理,每个程序段还有零件的轮廓信息(起点、终点、直线、圆弧等)、加工速度信息(F 代码)以及辅助功能指令信息(M、S、T 代码用以实现主轴启停、工件夹紧和松开、换刀及冷却液开关等)。计算机通过译码程序识别这些代码,按照一定的规则翻译成计算机能识别的数据形式,并存放在指定的存储器中。

译码可在正式加工前一次性将整个程序翻译完,并在译码过程中对程序进行语法检查,若有语法错误则报警,这种方式可称为编译。另一种处理方式是在加工过程中进行译码,即计算机运行加工控制时,利用空闲时间对后面的程序段进行编译,这种方式称为解释。用解释方式,系统在运行用户程序之前通常对用户程序进行扫描、语法检查,有错报警,防止在加工过程中才发现错误,造成工件报废。用编译的方式可以节省时间,可使加工控制时计算机不至太忙,并可在编译的同时进行语法检查,但需要占用较大内存。一般数控代码比较简单,用解释方式占用的时间也不多,所以数控系统常用解释方式。

在 CNC 系统中,用户程序一般都先读入内存存放。程序存放的位置可以是零件程序存储区、零件程序缓冲区或键盘输入(MDI)缓冲区。译码程序必须找到要运行程序的第一个字符,即第一个程序段的第一地址符(字母)才开始译码,根据不同的字母做不同的处理。遇到功能代码(如 G、M 等),将其之后的数据转换为特征码,并存放在对应的规定单元。若是尺寸代码(如 X、Y 等)及其后紧跟的坐标值,需将这些坐标值内的数据进行拼接,并转换成二进制数据,同时检查无误后即可将其存入对应的内存单元中(如 X 区、Y 区)。数字串以空格或字母(下一个地址符)结束。处理完一个地址字符后继续往后读,放弃地址字符之间的空格,读下一个地址字符,处理其后的数据,直到读到 LF 字符(或分号)为止,即翻译完一段程序。

译码过程中进行语法检查,遇到错误则报警。例如,读到规定以外的字符,数字串的位数和数值超过允许值等,都属于程序语法错误。

如用增量方式编程,在译码之前应将坐标增量的区域清零。也就是说,译码中不出现的坐标增量为零。在用绝对坐标编程时,译码中不出现的坐标保持原值。译码程序流程如图 1-4 所示。

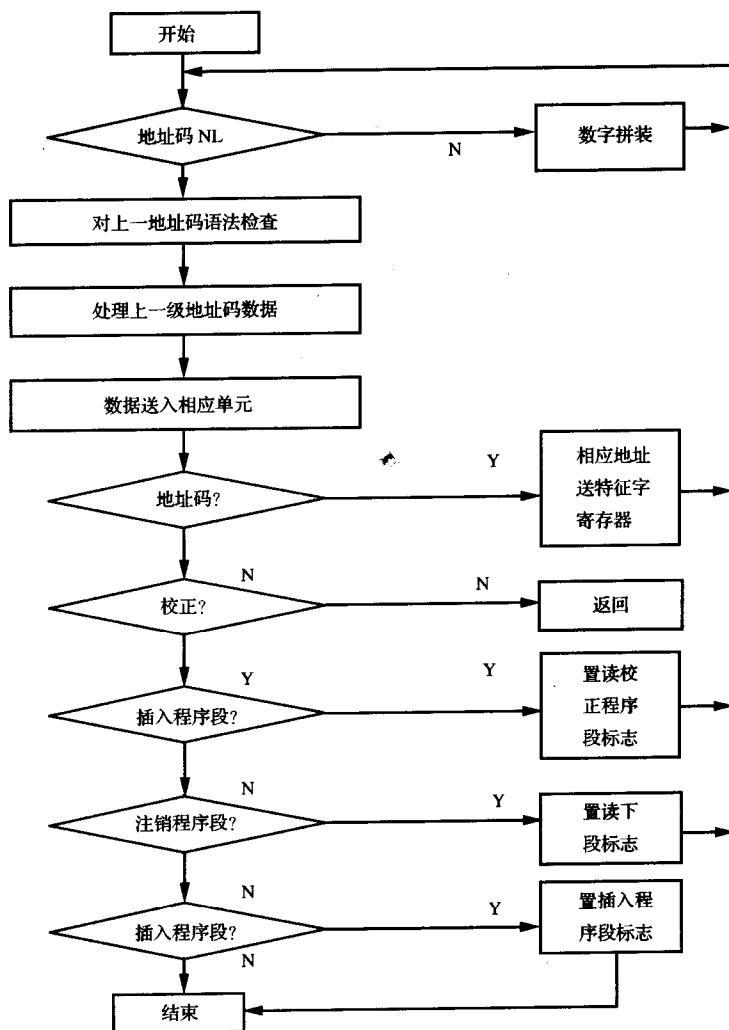


图 1-4 译码程序流程图

三、辅助功能处理

一个程序段的译码结果除与轨迹有关的几何信息之外,还包含了 F、M、S、T 等辅助信息需要处理。他们虽然与加工路径无关,但却是加工控制中不可缺少的信息。

1. S 功能 S 功能用于主轴转速控制,数控装置只是将译码后的 S 信息发送给主轴驱动系统,由主轴驱动系统对主轴进行控制。主轴的速度调节需要一定的时间,当主轴达到指令速度时,主轴驱动系统向数控装置发出完成信号,数控装置接收到完成信号后再继续执行下一步的控制工作。

2. M 功能和 T 功能 M、T 功能主要涉及到开关量的逻辑控制,它们一般不由数控系统的计算机直接处理。简单的 M、T 功能用继电器逻辑控制,复杂的 M、T 功能用可编程程序控制器处理。数控系统中的计算机只需将译码后的 M、T 信息适时地送给可编程序控制器或机床的继电器逻辑线路,并等待完成信号。在等待完成信号时,可执行其他数据处